

既存設備を有効活用しながら低コストを目指した

地方圏線区向け無線式列車制御システム

○山本 友亮（大同信号） [電] 加納 政貴（大同信号）

三宮 勇 （大同信号） [電] 加藤 尚志（大同信号）

Railway signaling system for regional lines based on train satellite positioning that aims for low cost while effectively utilizing existing equipment

○Tomoaki Yamamoto, Masaki Kanou, (Daido Signal Co.,Ltd)

Isamu Sannomiya, Takashi Kato, (Daido Signal Co.,Ltd)

Railway operators are required to change railway management due to the declining population and working population. Especially for the local lines, it is strongly required to improve efficiency and to reduce maintenance work and total maintenance costs. In addition, each railway operator has different signaling system, it is not easy to change the same type of new system. In this paper we propose train control system especially for local lines with general-purpose technologies such as GNSS and mobile phone networks for improving efficiency, according to each operator's management and equipment conditions, with consideration of safety. In particular, we will focus on the effective use of existing equipment, and aim for a system that enables step-by-step equipment renewal and functional improvement.

キーワード：列車制御システム, GNSS, LTE, 地方圏線区,

Key Words：train control system, ATP, GNSS, LTE, local line, regional line

1. はじめに

日本では、少子化による鉄道収入の減少と生産年齢人口の減少、および高齢化の進展が想定されており、都市部以外は既に鉄道収入の減少が進んでいる¹⁾。そのため鉄道運営や施設の維持管理の効率化と省力化が急務となっており、対策の検討も行われている²⁾。また、コロナ禍による移動自粛や在宅勤務普及等により、定期収入と旅行収入が急激に減少し、もとの水準には戻らないものと想定されている。この両収入の同時減少による地方鉄道事業者や地方圏の線区の経営への影響は大きい。

一方、設備維持費の低減を目的とした、無線、GNSS、携帯電話網などを活用した列車制御システムについて、これまでも国内各所で研究開発が行われており、導入も始まっている³⁾⁴⁾。また海外においても、ETCSの開発や、GNSSを使ったシステムの研究開発が進んでいる⁵⁾。そこで、各鉄道事業者の特情に合わせて既存設備を有効活用することに主眼を置きながら、GNSS、携帯電話網等の汎用技術を安全

性に考慮して利活用し、段階的な設備更新や機能向上させ、システム全体としての設備維持管理コスト削減を目指した無線式列車制御システムについて考察する。

2. 地方圏線区の状況

地方圏鉄道の現状は、鉄軌道部門社員数の推移は昭和62年度から約28%減少、輸送人員の推移は平成3年度から約21%減少と、ともに右肩下がりの傾向であり、地域鉄道事業者96社の平成30年度の鉄軌道事業の経営収支実績は、96社中69事業者(72%)が赤字となっており、設備維持の要員面、経営面ともに厳しい状況となっている⁶⁾。

当社では、2019年度より各鉄道事業者へのニーズヒアリングを継続実施しており、これまでに15社を訪問させていただいた。このニーズヒアリングの中でも設備投資に対する予算確保が厳しい、設備維持に対する負担が大きいこと等、予算面、要員面の両方で苦慮しており、設備維持の効率化や省力化によるコスト削減について強く望まれていることが分かった。

3. 地方圏線区の設備維持効率化・省力化へのアプローチ

鉄道運営設備の維持について、特に電気設備等の維持管理の省力化、効率化に対する現状の問題点としては、電気設備等（特に電路設備、信号保安設備）は部品点数が多いため保守検査に手間がかかるうえ、故障箇所の特定に時間がかかる、ことがある。これは鉄道業界全体で取り組むべき課題であり国や研究機関等による関与が必要となる取り組みの一つであり、この対策として「無線式列車制御システム等の導入推進のための仕組みづくり」が挙げられている⁷⁾。無線式列車制御システムの導入により、従来の運転保安システムに比べ信号機、軌道回路等の地上設備の削減が可能となり、設備維持の効率化や省力化が期待されるため、各鉄道事業者、信号機器製造メーカ、研究機関等にて、研究、試験、導入が進められている。

この無線式列車制御システムの地方圏線区への導入を検討する際に、さらに下記のような課題が挙げられる。

- ・対象線区における一括でのシステム更新（地上設備、車上設備）は費用面で困難である。
- ・鉄道事業者毎に既設信号設備には特情があり、全国で統一したシステム構築が困難である。

（ATS、閉そく、踏切制御、連動装置等のタイプや方式が異なり個々の対応が必要）

このため本論文では、既存設備の有効活用に主眼を置きながら、段階的な設備更新や機能向上を可能とし、GNSS、携帯電話網等の汎用技術を安全性に考慮して利活用することによる、導入コスト低減を意識した無線式列車制御システムについて考察する。

4. 技術基礎調査

無線式列車制御システムで活用する基礎技術については、各種開発と報告が行われている。本稿でも、GNSSと携帯電話網通信に対して行った調査などから考慮点などを述べる。

4.1 GNSS

現在、航空、自動車等の様々な分野においてGNSS測位による位置情報を利活用したシステムが普及しており、2018年11月に運用開始した準天頂衛星「みちびき」より提供される測位補強サービスの利活用も含め、鉄道分野においても実用化、検討が進められている。

GNSSによる測位情報は、建物による電波の遮蔽や、建物で反射したり回折した電波を受信することによるマルチパス誤差により測位精度が低下し、列車の在線位置把握用途として利活用する際には誤差に対する考慮が必要となる。

高層ビル街など、特に測位環境が悪い地点にて検証試験を実施した結果の一例を図1に示す。

測定結果より、測位情報として使用可能な衛星数や衛星配置、遮蔽状態等により誤差の程度に差が生じることが確認された。

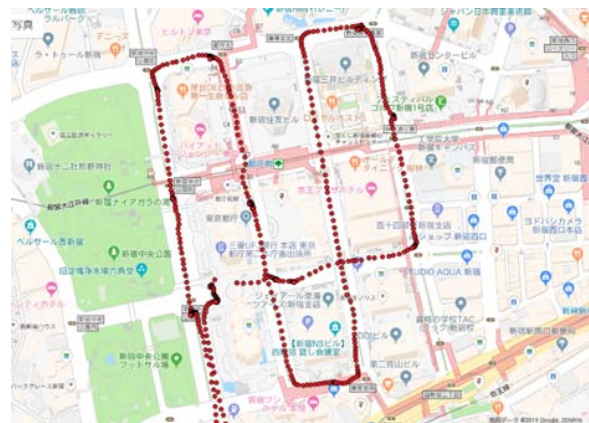


図1 新宿副都心でのGNSS受信機測位結果

このため、列車制御・保安用途でGNSS測位情報を列車在線位置検知として用いる際は、GNSS測位情報の誤差補正や測位不能区間走行のための対策（地上子、速度発電機、位置検知用途センサ等）が別途必要となる。

GNSS受信機は各メーカより各種性能、価格帯のものが販売されているが、今後の更なる性能向上や価格低減が期待される。

4.2 携帯電話網

現在、携帯電話網のサービスとして主流であるLTE通信や今後の発展が見込まれる5G通信を鉄道分野にて利活用するシステムの実用化、検討が進められている⁸⁾。汎用インフラを用いるため、通信の安定性やセキュリティ対策が重要となり、使用用途に応じた使用サービスと通信コストについてのトレードオフに対する検討が必要である。

携帯電話網についての通信安定性について検証試験を実施した結果の一例を図2に示す。

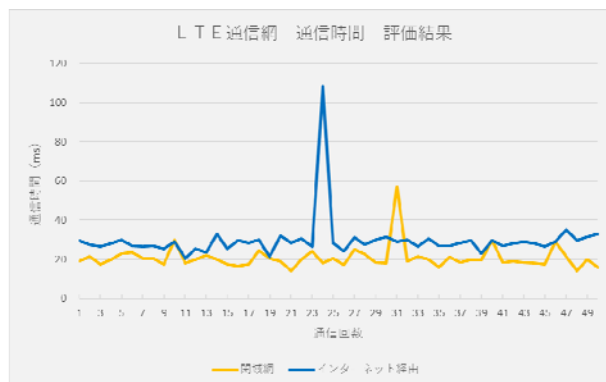


図2 LTE通信網を使用した際の通信安定性検証結果

図2の例では遅延時間は概ね20～30ms程度であることが確認された。

なお、使用するLTE通信網のサービスや経由する経路（ルータ数等）によって遅延時間等が変化する可能性が考えられる。

5. システム例

これまでに述べてきた事柄などを踏まえ、提案する無線式列車制御システムのコンセプトを以下に示す。

- ・鉄道事業者ごとに現在導入されているシステムは異なるが、既設の車上装置を出来るだけ活用し、改修規模を最小限に抑える。また、地上設備の削減も図る。
- ・列車在線位置検知として主に GNSS を用いるが、システムの拡張レベルに応じて使い分け、最初のステップでは閉そく管理には使用しない等、情報の保安レベルの使い分けを行う。
- ・LTE, GNSS を利用するが、導入コストを意識し、特殊で高価な装置は使用しない。
- ・安全性を向上させるシステムとする。
- ・システム移行は段階的に出来るものとする。

地方圏線区の既存設備形態として、以下を例として考察する。

- ・ATS : ATS-SN
- ・閉そく : 自動閉そく (特殊), 特殊自動閉そく

(1) システムレベル 1

ATS(直下地上子), 連動装置, 閉そく装置等は既設設備をそのまま使用する。これにより車上装置の新システム対応／非対応混在運転が可能となる。

列車制御に使用する在線位置把握は、車上に設置した GNSS 受信機による測位情報を用いることを基本とし、地上装置～車上装置間の伝送には LTE を用いる。地上主体形の制御システムとして車上装置の改修は必要最小限とし、地上設備において列車走行位置と路線データベースの対比により速度照査を可能とすることにより、安全性の向上と設備の削減が期待できる。

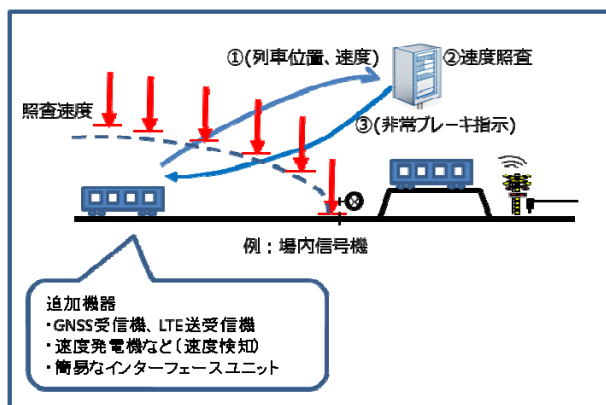


図3 システムレベル1イメージ図

(2) システムレベル 2

連動装置等は既設を使用する。各編成の車上装置は新システム対応とする。GNSS 測位情報を基本とした列車在線位置検知により全線の列車位置を地上装置にて把握し、閉そく管理を行う。

車上装置によるパターン制御をさせることにより安全性を高めるとともに、ATS 地上装置、地上信号機の削減、および運転方向回線等の削減へと移行させることを目指す。

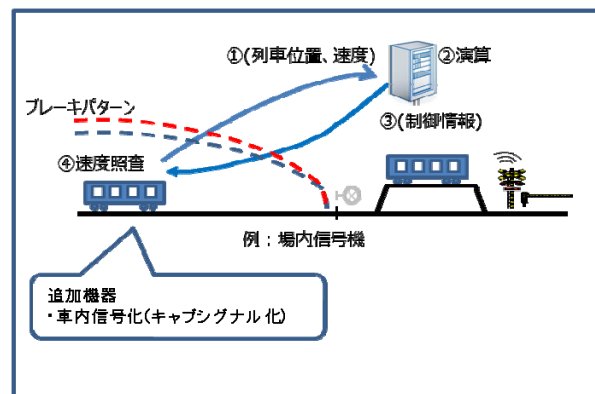


図4 システムレベル2イメージ図

6. まとめ

本論文では、地方圏線区の旅客推移や鉄道事業者へのヒアリング結果、技術の基礎調査などについて報告を行った。その結果から、地方圏線区に求められるシステム、導入しやすいシステムとして、無線式列車制御システム導入時の新設設備、および車両改造等の設備投資費用工面に鑑みた、既設設備との併用を考慮した段階的導入が可能なシステムの方針を考察した。これにより長期スパンでの導入を可能とし、単年度あたりの導入コストを抑えながら、地上設備削減等、設備維持の効率化や省力化を図れることが期待される。具体的なシステムは現在開発中であるが、鉄道事業者と協力し鉄道の安全と安定に貢献できることを目指していく。

参考文献

- 1) 国土交通省：都市鉄道における利用者ニーズの高度化等に対応した施設整備促進に関する検討会報告書，2018。
- 2) 国土交通省：地方鉄道向け無線式列車制御システム技術評価検討会，2020。
- 3) 八木ほか：列車制御システム（ATACS）の導入および現状，JREA vol. 59, No. 8, pp40577-40580, 2016。
- 4) 神宮ほか：携帯電話回線を利用した列車制御システム（ATP 閉そくシステム）の開発，JREA vol. 63, No. 3, pp. 43900-43903, 2020。
- 5) Shift2Rail/X2Rail2, <https://shift2rail.org/research-development/ip2>
- 6) 国土交通省：地域鉄道の現状，国土交通省鉄道局「鉄道」ホームページ，2020。
- 7) 国土交通省：鉄道の輸送トラブルに関する対策のあり方検討会とりまとめ，2018。
- 8) 日本鉄道電気技術協会：2019 年度「5G の鉄道利用に向けた検討」報告書，2020。